Opusc. Zool. Budapest, XVII–XVIII, 1981

Veränderungen chemischer Komponente der Laubstreu bei Regenwurmtätigkeit

Von

M. POBOZSNY*

Abstract. In this study the author discusses the chemical changes in the hornbeam litter caused by the activity of five earthworm species *(Lumbricus polyphemus, Dendrobaena platyura platyura, Dendrobaena platyura depressa, Dendrobaena platyura montana, Lumbricus terrestris)* under laboratory conditions (cave laboratory, temperature: 10 °C, relative air humidity: 100%). In the litter leaves drawn into the earthworm burrows, the mineralisation- and humification processes are more intensive than in the control experiments. This fact can be established from the changes of the total organic matter- and nitrogen content, of the stability coefficient characteristic of humification and of the composition of organic matter in the leaves (fat- and tannin-agent-, sugar- and starch-, hemicellulose- and pectin-, cellulose-, lignin- and protein content). The changes can be attributed not only to a more intensive microbial activity in the earthworm cast and in its environment, but to the earthworm secretion, too. The most rapid transformations were registered at the activity of the cosmopolitan species *Lumbricus terrestris.*

Die Bedeutung der Bodentiere an Zersetzungsprozessen der Laubstreu wurde eingehend und vielseitig untersucht. Die Ergebnisse weisen einerseits auf die Bedeutung des zoogenen Faktors bei der mechanischen Zerkleinerung pflanzlicher Substanzen, bzw. Laubstreu, anderseits auf die Vermischung dieser mit den Mineralteilen des Bodens hin, wobei komplexe organo-mineralische Verbindungen entstehen.

Die hinsichtlich der Streuzersetzung in zwei Hainbuchen-Eichenwäldern Ungarns durchgeführten Untersuchungen (ZICSI, 1978) erwiesen, dass in Gegenwart von grosskörprigen Regenwurmarten *(Lumbricus polyphemus* FITZ., 1833, *Dendrobaena platyura platyura* (FITZ., 1833) und *D. p. depressa* (ROSA, 1893) die Zersetzungsprozesse eindeutig von diesen Arten gesteuert wird.

Die Regenwürmer beteiligen sich verschiedenartig an diesen Prozessen. Während der Darmpassage beschleunigen sie in erster Linie durch ihre Enzyme die Zersetzung gewisser organischer Komponente der Streu. So wurden z. B. eiweisszersetzende – stärke- und zuckerfermentierende – fettzersetzende Enzyme, Zellulase und Chitinase nachgewiesen (PARLE, 1963 a, b; NIELSEN, 1963; STEPHENSON, 1930; TRACEY, 1951). Anderseits beschleunigen die mit den Regenwürmern in Symbiose lebenden Mikroorganismen ebenfalls die Zersetzungs-

* *Mária Pobozsny*, ELTE Állatrendszertani és Ökológiai Tanszék (Lehrstuhl für Tiersystematik und Ökologie der Eötvös-Loránd-Universität), 1088 Budapest, VIII. Puskin u. 3.

prozesse ausschlaggebend, da diese im Darm günstige Lebensbedingungen finden, die auch in den Exkrementen noch weiter bestehen bleiben (KOZLOVSKAJA, 1967). An den Mündungen der Regenwurmgänge, die mit Losungen dieser Tiere ausgestattet sind, wird die herangezogene Streu mit Regenwurmschleim überzogen wobei sich kleine „Mikrohabitate" (ZICSI, POBOZSNY & SZLÁVECZ, 1978) bilden, die nicht nur den Mikroorganismen, sondern auch anderen Elementen der Meso- und Makrofauna günstige Lebensbedingungen bieten (KOZLOVSKAJA, 1976; DÓZSA-FARKAS, 1978; LOKSA, 1978; BAYOUMI, 1978).

Die Zielsetzung der Untersuchungen, die unter Laborverhältnissen durchgeführt wurden, war festzustellen, ob sich intensivere chemische Zersetzungsprozesse der Laubstreu in Gegenwart der grosskörprigen Regenwurmarten vollziehen, welchen Ausmass diese Veränderungen aufweisen und welche artspezifische Unterschiede bestehen.

Untersuchungsmethoden

Zu den Untersuchungen wurde das Material der Fütterungsversuche mit Hainbuchenlaub *(Carpinus betulus)* verwandt (ZICSI & POBOZSNY, 1977). Die Fütterungsversuche wurden im Höhlenbiologischen Laboratorium der Baradla-Höhle in Aggtelek mit 5 Lumbriciden-Arten *(Dendrobaena platyura platyura, D. p. depressa, D. p. montana, Lumbricus polyphemus, L. terrestris)* durchgeführt, wobei im November, Januar, März, und Mai gesammeltes Laub zum Konsum den Tieren angeboten wurde.

Zu den chemischen Analysen wurden folgende Proben genommen: Laub vor den Fütterungsversuchen; Laub aus den Fütterungsversuchen nach einem, bzw. zwei Monaten; Laub aus den Kontroll-Gefässen nach einem, bzw. zwei Monaten.

Die chemischen Analysen erstreckten sich auf die Bestimmung der Gesamtorganischensubstanz, auf den Gesamtstickstoff und auf die Berechnung des Stabilitätskoeffizientes nach HARGITAI (1955). Mit Hilfe der „Streustoffgruppenanalyse" (SCHLICHTING & BLUME, 1966) wurde versucht, die quantitativen Veränderungen der organischen Komponente zu bestimmen, um dadurch den Verlauf der Zersetzung in der Streu zu verfolgen.

Chemisch wurde nur das Fallaub der Monate November und Januar analysiert, da die Zersetzungsprozesse eben in dieser Zeitspanne, also von November bis Januar am intensivesten sind (WITKAMP & VAN DER DRIFT, 1961). Dies geht auch unseren Versuchen eindeutig hervor. In Tabelle 1 wird der Gewichtsverlust der Kontroll-Laubproben verschiedener Monate zusammengefasst.

Wie aus Tabelle 1 ersichtlich, zeigt der Gewichtsverlust der Monate März und Mai nahezu gleiche Werte, beide sind kleiner als die des Monats Januar.

Tabelle 1. Gewichtsverlust der Kontroll-Laubproben nach einmonatiger Versuchszeit

Monat	Gewichtsverlust in % des Ausgangsgewichtes der Laubstreu
November	9,2
Januar	16,3
März	15,8
Mai	15,5

Untersuchungsergebnisse

Die Ergebnisse der chemischen Analysen der Hainbuchenstreu des Monats November werden z. T in Tabelle 2, die des Monats Januar in Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle 2. Chemische Veränderungen des Hainbuchenlaubes in den Versuchen des Monats November

Versuche	Gesamtorg. Substanz %	Gesamtstickstoff %	K · 10^3
Kontroll			
Vor den Versuchen	92 72	1,92	3,18
nach 1 Monat	88,43	2,49	3,28
nach 2 Monaten	85,63	4,02	2,53
Lumbricidae			
D.p. platyura			
nach 2 Monaten	77,07	4,92	5,17
D.p. depressa			
nach 2 Monaten	77,80	4,75	6,66
D.p. montana			
nach 2 Monaten	71,09	4,80	9,81
L. polyphemus			
nach 2 Monaten	62,98	4,16	10,03
L. terrestris			
nach 1 Monat	66,44	4,21	15,19

Tabelle 3. Chemische Veränderungen des Hainbuchenlaubes in den Versuchen des Monats Januar

Versuche	Gesamtorg. Substanz %	Gesamtstickstoff %	K · 10^3
Kontroll			
Vor den Versuchen	90,56	2,42	3,36
nach 1 Monat	87,18	2,88	4,30
nach 2 Monaten	86,73	2,80	4,53
Lumbricidae			
D.p. platyura			
nach 1 Monat	74,30	4,87	7,31
nach 2 Monaten	61,91	1,65	9,15
D.p. depressa			
nach 1 Monat	73,65	2,07	4,98
D.p. montana			
nach 1 Monat	76,17	1,80	5,83
nach 2 Monaten	67,24	1,69	6,13
L. polyphemus			
nach 1 Monat	74,28	1,78	5,78
L. terrestris			
nach 1 Monat	73,40	4,09	9,99
nach 2 Monaten	64,99	1,56	11,14

Wie aus den Angaben der Tabelle hervorgeht, sind die Zersetzungsvorgänge des organischen Materials in den Versuchen mit Regenwürmern bedeutend intensiver als in der Kontrollversuchen (Verminderung der Gesamtorganischensubstanz). Besonders augenfällig ist die Tätigkeit von *L. terrestris,* hier weisen die Blätter aus dem November nach einem Monat einen Zersetzungszustand auf wie bei den übrigen Lumbriciden-Arten erst nach zwei Monaten. Wahrscheinlich hängt dies – wie dies in den Versuchen beobachtet werden konnte – mit der intensiveren Schleimabsonderung dieser Art zusammen. Der Schleim enthält offensichtlich solche chemische Eigenschaften, die sich fördernd auf die Zersetzung der Laubstreu ausüben. Bei den Versuchen mit Fallaub aus dem Monat Januar waren die Unterschiede bereits nicht so ausgeprägt.

Mit der Mineralisation der Laubstreu parallel verlaufen auch gewisse Humifikationsprozesse, die sich gewissermassen in den veränderten Werten der Stabilitätskoeffiziente widerspiegeln. Der K-Wert ist in allen Fällen höher, und zwar bedeutend höher in den Versuchen mit Regenwürmern (1,5–4,8-mal so hoch wie der Anfangswert), in den Kontrollversuchen ungefähr 1,3 mal so hoch wie am Anfang des Versuches. Die verschiedenen organischen Komponente und deren Verhältnis in der Laubstreu kann mit Hilfe der Streustoffanalyse verfolgt werden (Tabelle 4. und 5). Bei allen Regenwurmarten ist die Menge des Fettes und der Gerbstoffe gesunken, insbesondere bei den beiden *Lumbricus*-Arten ist dies augenfällig, wo die Werte um 44–46% gegenüber dem Ausgangsmaterial gefallen sind. Bei den *Dendrobaena*-Arten konnte nur bei *D. p. depressa* ein niederer Wert errechnet werden und dieser auch nur im Monat Januar. Während die Menge des Zuckers, der Stärke und des Eiwesses in den Versuchen des Novembers gestiegen ist, ist sie in den Versuchen der Laubstreu vom Januar stark gesunken.

Tabelle 4. Veränderungen im Verhältnis der chemischen Komponente des Hainbuchenlaubes vom November in den Kontrollversuchen bzw. in den Blättern der Regenwurmröhren bei den verschiedenen Arten

Versuche	Fette u. Gerbstoffe	Zucker u. Stärke	Hemi-zellulose u. Pektin	Zellulose	Lignin	Eiweiss
	in % der gesamtorganischen Substanz					
Kontroll						
vor den Versuchen	8,8	0,4	13,2	12,2	57,0	7,8
nach 1 Monat	9,3	2,5	12,4	10,5	50,6	10,9
nach 2 Monaten	6,8	1,4	12,7	12,7	40,6	24,6
Lumbricidae						
D. p. platyura						
nach 2 Monaten	6,5	1,1	13,0	6,8	43,3	29,3
D. p. depressa						
nach 2 Monaten	7,3	1,3	9,4	9,3	46,7	26,0
D. p. montana						
nach 2 Monaten	8,0	0,6	6,4	9,7	54,6	20,6
L. polyphemus						
nach 2 Monaten	5,8	1,2	11,2	10,6	52,1	19,0
L. terrestris						
nach 1 Monat	5,8	1,1	13,2	9,1	50,5	20,0

Tabelle 5. Veränderungen im Verhältnis der chemischen Komponente des Hainbuchenlaubes vom Januar in den Kontrollversuchen bzw. in den Blättern der Regenwurmröhren bei den verschiedenen Arten

Versuche	Fette u. Gerbstoffe	Zucker u. Stärke	Hemi-zellulose u. Pektin	Zellulose	Lignin	Eiweiss
	in % der gesamtorganischen Substanz					
Kontroll						
vor den Versuchen	7,4	1,6	5,2	5,4	68,2	11,0
nach 1 Monat	6,7	2,4	9,3	8,9	63,3	9,1
nach 2 Monaten	6,0	2,0	6,6	13,9	61,2	8,7
Lumbricidae						
D. p. platyura						
nach 1 Monat	6,7	0,6	12,3	5,4	51,7	21,3
nach 2 Monaten	4,8	0,5	11,8	11,9	64,7	6,0
D. p. depressa						
nach 1 Monat	1,7	0,4	9,5	12,9	70,2	3,1
D. p. montana						
nach 1 Monat	6,8	0,8	10,1	12,2	65,7	2,7
nach 2 Monaten	7,0	0,6	12,0	21,2	55,9	3,1
L. polyphemus						
nach 1 Monat	5,9	0,7	11,3	14,3	61,9	5,0
L. terrestris						
nach 1 Monat	4,0	4,7	11,1	5,7	57,3	15,0
nach 2 Monaten	4,7	4,0	7,4	6,7	66,2	5,5

Entgegengesetzt gestaltete sich das Mengenverhältnis der Zellulose und Hemizellulose in den beiden Monaten: im November ist die Menge dieser Komponente gefallen, im Januar gestiegen. Zugleich ist der Ligningehalt in allen Versuchen bedeutend gesunken, obwohl dies der sich am schwersten zersetzliche Komponent ist.

Wertung der Ergebnisse

Bei der Wertung der Ergebnisse muss berücksichtigt werden, dass die Verhältnisse im höhlenbiologischen Laboratorium (Temperaturen ständig 10 ± 1 °C, relative Luftfeuchtigkeit 99%) optimal ebenso für die Regenwurmtätigkeit, wie für die mikrobiellen Abbauprozesse waren. Die günstigen Voraussetzungen der Umgebungsfaktoren können auch durch die Ergebnisse unserer Freilandsuntersuchungen unterstützt werden (Zicsi, Pobozsny & Szlávecz, 1978). Ein Vergleich der chemischen Zusammensetzung der in den Jahren 1975/76 gesammelten Laubstreu (Tabelle 6) mit denen der Werte des Kontrollversuches aus Tabelle 2–5 zeigt darauf hin, dass die chemische Zusammensetzung der in den Jahren 1975/76 gesammelten Laubstreu – in der gleichen Zeitspanne, wo im Freien minimale Niederschlagswerte und verhältnismässig viele Frosttage ohne Schnee vorherrschten – zwischen November und Mai keine wesentlichen Veränderunge aufweist. In den Kontroll-Versuchen zeigen sich hingegen nach einem Monat bzw. zwei Monaten schon bedeutende Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung der Laubstreu.

Tabelle 6. Veränderungen der chemischen Komponente in der Laubstreu und in den Blättern der Regenwurmröhren vom November 1975 bis Mai 1976 (Zicsi – Pobozsny – Szlávecz, 1978)

	Gesamtorganische Substanz in %		Gesamtstickstoff in %	
	Laub aus der Streuschicht	Laub aus Regenwurm-röhren	Laub aus der Streuschicht	Laub aus Regenwurm-röhren
1975				
November	92,17	71,98	1,38	1,31
Dezember	92,01	72,04	1,39	1,49
1976				
Februar	91,70	81,38	1,49	1,56
März	90,17	71,28	1,53	1,59
April	89,59	–	1,51	–
Mai	89,06	74,74	1,78	1,81

Im Freien weisen die aus Regenwurmröhren entfernten Blätter in ihrer chemischen Zusammensetzung – gegenüber den aus der Streuschicht gesammelten Blättern – gewisse Unterschiede auf, doch sind diese weitaus nicht so gross, wie die aus den Laborversuchen mit Regenwürmern- und Kontrollversuchen stammenden. Dies zeugt gleichzeitig auch davon, dass nicht nur die günstigen mikroklimatischen Verhältnisse der herangezogenen Blattsubstanz (vor allem die günstigeren Feuchtigkeitsverhältnisse) die Abbauprozesse beschleunigen, sondern auch die direkte Regenwurmtätigkeit, in Form von Schleimabsonderung.

Ob artspezifische Unterschiede die Zersetzungsprozesse der Laubstreu beeinflussen, kann eindeutig nicht beantwortet werden. Es kann eventuell der beschleunigende Einfluss beim Abbau von Fetten und Gerbstoffen bei den 2 *Lumbricus*-Arten hervorgehoben werden. Ebenfalls bei diesen zwei Arten liess sich im frisch gefallenen Laub vom November eine wesentliche Veränderungen der Gesamtorganischensubstanz nachweisen. Offensichtlich stehen auch die hohen Konsumwerte vom Hainbuchenlaub im November bei diesen beiden Arten damit im Zusammenhang (Zicsi & Pobozsny, 1977). Unbedingt muss ferner noch berücksichtigt werden, dass diese Regenwurmarten vorwieglich die Weichteile der Blätter verzehren, die Blattadern und Stiele, die in ihrer chemischen Zusammensetzung abweichen, die Ergebnisse der chemischen Analysen ungünstig beeinflussen.

Zusammenfassend kann ausgesagt werden, dass die grosskörprigen, laubzersetzenden Lumbricidenarten die Abbauprozesse der Laubstreu wesentlich beeinflussen, und zwar beschleunigen sie die Zersetzungsprozesse in den Streuanhäufunge oberhalb ihres Gangsystems einerseits indirekt durch Förderung günstigerer Lebensverhältnisse für andere Bodenorganismen, anderseits durch die direkte Schleimabsonderung, deren Wirkstoffe ebenfalls günstige Zersetzungsprozesse fördern.

SCHRIFTTUM

1. Bayoumi, M. B. (1978): *Significance of the microhabitat on the distribution of Oribatid mites in a hornbeam-oak mixed forest.* — Opusc. Zool. Budapest, 15: 51–59.

2. Dózsa-Farkas, K. (1978): *Die systemökologische Bedeutung des Mikrohabitates für das Vorkommen einiger Enchytraeiden-Arten.* — Pedobiologia, 18: 366–372.

3. Hargitai, L. (1955): *Összehasonlító szervesanyag-vizsgálatok különböző talajtípusokon optikai módszerekkel.* — Agrártud. Egyet. Közl. Agron. Kar Kiadv., Gödöllő–Budapest, 2: 1–27.

4. Kozlovskaya, L. S. (1967): *Rol ekskrementov bespozvonocnych zivotnych v aktivizacii mikroflori torfjano-bolotnych pocv.* — Vzaimootnosenija lesa i bolota, AN SSSR, Sibirskoe otdelenie, 105–127.

5. Kozlovskaya, L. S. (1976): *Rol bespozvonocnyh v transformacii organiceskogo vescestra bolotnych pocv.* — AN SSSR, Izd. Nauka, Leningrad, 1–212.

6. Loksa, I. (1978): *Mikrohabitate und ihre Bedeutung für die Verteilung der Collembolengemeinschaften in einem Hainbuchen-Eichenbestand.* — Opusc. Zool. Budapest, 15: 93–117.

7. Nielsen, C. O. (1962): *Carbohydrases in soil litter invertebrates.* — Oikos, 13: 200–215.

8. Parle, J. N. (1963 *a*): *Microorganisms in the intestines of earthworms.* — J. Gen. Microbiol., 31: 1–13.

9. Parle, J. N. (1963 *b*): *A microbial study of earthworm casts.* — J. Gen. Microbiol., 31: 13–23.

10. Schlichting, E. & Blume, H. P. (1966): *Bodenkundliches Praktikum.* — Berlin–Hamburg, pp 209.

11. Stephenson, J. (1930): *The Oligochaeta.* — Oxford, pp. 978.

12. Tracey, M. V. (1951): *Cellulase and chitinase of earthworms.* — Nature, 167: 776.

13. Witkamp, M. & Van Der Drift, J. (1961): *Breakdown of forest litter in relation to environmental factors.* — Plant and Soil, 15: 295–311.

14. Zicsi, A. (1978): *Nahrungsaussprüche einheimischer Lumbriciden-Arten und ihre Bedeutung für die Ökosystemforschung in Ungarn.* — Pedobiologia, 18: 341–349.

15. Zicsi, A. & Pobozsny, M. (1977): *Einfluss des Zersetzungsverlaufes der Laubstreu auf die Konsumintensität einiger Lumbriciden-Arten.* — Soil Organisms as Components of Ecosystems. Ecol. Bull. Stockholm, 25: 229–239.

16. Zicsi, A., Pobozsny, M. & Szlávecz, K. (1978): *Die Bedeutung der Mikrohabitate bei Streuzersetzungsprozessen in einem Hainbuchen-Eichenwald Ungarns.* — Opusc. Zool. Budapest, 15: 153–163.